Journal of Horticultural Science
Vol. 34, No.4, Winter 2021, P. 547-561
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۴، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۹، ص. ۵۶۱-۵۴۷
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

مقاله علمی-پژوهشی

ارزیابی تأثیر محلول‌پاشی پلی‌آمین‌ها بر رشد، ویژگی‌های میوه و عملکرد درختان پسته (*Pistacia vera* L.) رقم 'اکبری'

غلامحسین داوری نژاد[1]- مینا نورزاده نامقی[2]*- علی مومن[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۷/۲۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۲/۰۲

چکیده

کاهش عملکرد پسته ارتباط نزدیکی با اختلالات میوه و تنش‌های مختلف محیطی دارد. پلی‌آمین‌ها گروهی از تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی هستند که تاثیر مثبتی بر رشد و توسعه گل و میوه در برابر تنش‌ها دارند. بنابراین، هدف این مطالعه ارزیابی تاثیر پلی‌آمین‌ها در شرایط کم‌آبی محل آزمایش بر صفات رویشی، ویژگی‌های میوه و عملکرد درختان پرمحصول و کم محصول پسته رقم 'اکبری' بود. برای این منظور، آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده در زمان بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و هفت تیمار شامل محلولپاشی پلی‌آمین‌های پوترسین، اسپرمیدین و اسپرمین در غلظت‌های صفر (شاهد)، ۰/۱ و ۱ میلی‌مولار در دو مرحله زمانی تمام گل و دو هفته بعد از تمام گل در منطقه فیض‌آباد مه‌ولات استان خراسان رضوی در سال ۱۳۹۵ انجام شد. نتایج نشان داد که محلول‌پاشی پلی‌آمین‌ها در درختان کم محصول با وجود کاهش درصد پوکی تأثیر معنی‌داری بر عملکرد پسته نداشت. با این‌وجود در درختان پرمحصول، کاربرد این تنظیم‌کننده‌ها به‌ویژه پوترسین سبب کاهش ریزش میوه و افزایش شاخص سبزینگی، تعداد دانه در خوشه و عملکرد در مقایسه با شاهد شد. با توجه به نتایج همبستگی، تاثیر مثبت پلی‌آمین‌ها بر بهبود عملکرد در درختان پرمحصول عمدتاً به دلیل جلوگیری از ریزش میوه و افزایش تعداد دانه در خوشه بود. به‌طوری‌که میزان تولید در شاخه در تیمارهای پوترسین، اسپرمین و اسپرمیدین در غلظت ۰/۱ میلی‌مولار به ترتیب ۴۶/۲، ۱۴/۶ و ۱۵/۲ درصد و در غلظت ۱ میلی‌مولار به ترتیب ۳۸/۷، ۲۴/۷ و ۱۹/۹ درصد در مقایسه با شاهد افزایش داشت. همچنین محلولپاشی پلی‌آمین پوترسین دو هفته بعد از تمام گل نتایج بهتری در افزایش طول شاخه در درختان پرمحصول نشان داد. به طور کلی، نتایج این آزمایش نشان می‌دهد که محلول‌پاشی پوترسین در مقایسه با اسپرمین و اسپرمیدین در شرایط کم‌آبی می‌تواند بر بهبود صفات رویشی و زایشی و در نتیجه عملکرد درختان پسته رقم 'اکبری' مؤثرتر باشد.

واژه‌های کلیدی: اسپرمین، اسپرمیدین، پوترسین، ریزش جوانه گل، ریزش میوه

مقدمه

پسته یکی از مهمترین محصولات باغی است که تولید آن در کشور تاریخچه‌ای طولانی دارد، به‌طوری‌که ایران بزرگترین تولیدکننده و صادرکننده این محصول به شمار می‌آید (۱۱). ایران با وجود دارا بودن بیشترین سطح زیرکشت جهانی پسته (۶۰ درصد) در مقایسه با کشورهای ایالات متحده آمریکا و ترکیه از متوسط عملکرد پایینی در هکتار برخوردار است (۱۲). کاهش عملکرد پسته ممکن است به علت مشکلات فیزیولوژیکی متعدد از جمله ریزش جوانه‌های گل، ریزش میوه‌ها، پوکی، ناخندانی، بدشکلی میوه‌ها و زودخندانی در پسته باشد (۳۷) که این مشکلات می‌تواند ناشی از گرده‌افشانی، کوددهی نامناسب، و شرایط نامساعد محیطی مانند خشکی و شوری آب و خاک باشد (۱۱). ازاین‌رو استفاده از راهکارهایی جهت کاهش اثرات تنش‌های محیطی و اختلالات فیزیولوژیکی درختان پسته به منظور افزایش کمیت و کیفیت این محصول ضروری به‌نظر می‌رسد.

کاربرد خارجی تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی یکی از روش‌های موثر باغبانی است که سبب بهبود کیفیت و عملکرد برخی از درختان میوه می‌شود (۴۲). پلی‌آمین‌ها گروهی از تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی با وزن مولکولی کم و گروه‌های هیدروکربنی متفاوت هستند (۳۰) که عمده آن‌ها به صورت پوترسین (دی آمین)، اسپرمیدین (تری آمین) و اسپرمین (تترا آمین) در گیاهان یافت می‌شوند. این تنظیم‌کننده‌های گیاهی به علت بار الکتریکی مثبتی که دارند به مولکول‌های آنیونی از

۱ و ۲- به‌ترتیب استاد و دکتری علوم باغبانی (گرایش میوه‌کاری)، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: nurzadehnamaghi.mina@mail.um.ac.ir)
۳- دکتری کشاورزی (گرایش اگرواکولوژی)، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

DOI: 10.22067/jhorts4.v34i4.75961

جمله اسیدهای نوکلئیک، پروتئین‌ها، فسفولیپیدها و پلی‌ساکاریدهای پکتینی و همچنین به انواع مختلفی از آنزیم‌ها متصل می‌شوند (۳۹) و از طریق تحریک تکثیر، نسخه‌برداری و ترجمه DNA در بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژیکی مختلف از جمله تشکیل ریشه، تشکیل دانه گرده، گل‌انگیزی، جنین‌زایی، نمو میوه، پیری برگ، واکنش در برابر تنش‌های زیستی و غیرزیستی و آلودگی به وسیله قارچها و ویروس‌ها نقش دارند (۱۷، ۲۱، ۲۲، ۲۴ و ۲۸). مطالعات متعددی نشان داده است که توسعه رویشی و زایشی گیاهان با غلظت کل پلی‌آمین‌ها یا یکی از این سه پلی‌آمین عمده در ارتباط است (۲۳، ۲۷ و ۴۳). به طوری‌که نقش پلی‌آمین‌های آزاد پوترسین، اسپرمیدین و اسپرمین به عنوان تنظیم‌کننده رشد در مراحل مختلف رشد و نمو جوانه‌ها، گل‌ها و میوه‌ها در درختان مرکبات، انگور و آلو گزارش شده است (۳، ۵، ۶ و ۱۵). کاربرد این مواد به عنوان تنظیم‌کننده رشد گیاهی از طریق محلول‌پاشی در درختان میوه انگور، انبه و لیچی سبب کاهش ریزش شدید میوه‌ها و افزایش کیفیت و عملکرد میوه شده است (۶ و ۲۶). شواهدی برای نقش مستقیم پلی‌آمین‌ها در سازگاری گیاهان به تنش‌های زنده و غیرزنده نیز گزارش شده است. پلی‌آمین‌ها از طریق کاهش رادیکال‌های آزاد، جلوگیری از تخریب ساختار سلول و غشاء، حفظ تعادل بین کاتیون‌ها و آنیون‌ها (۸)، تنظیم کانال‌های یونی و القای سنتز ATP می‌توانند باعث محافظت گیاهان در برابر تنش‌های غیرزیستی شوند (۲۵). طی مطالعه‌ای مشخص شد که نهال‌های انگور رقم کاهلی کرکناح[1] که دارای سطوح بالایی از پلی‌آمین بودند در مقایسه با نهال‌های انگور رقم گلب ساردوک[2] با سطوح پلی‌آمین کمتر، در برابر شرایط کم‌آبی تحمل بیشتری از خود نشان دادند (۴۰). کامیاب و همکاران (۱۹) نشان دادند که محلولپاشی پلی‌آمین‌ها بر روی دانهال‌های پسته بادامی‌زرند تحت شرایط شوری منجر به افزایش رشد آن‌ها در مقایسه با تیمار شاهد شد. کامیاب و همکاران (۱۸) نیز طی تحقیقی با بررسی تاثیر محلولپاشی پلی‌آمین‌های اسپرمین و اسپرمیدین در ترکیب با اسیدهای آلی (اسیدهای آمینه و آسکوربیک اسید) بر روی ارقام مختلف پسته اکبری، اوحدی و کله قوچی اظهار داشتند که کاربرد آسکوربیک اسید و اسیدهای آمینه به تنهایی ویژگی‌های میوه و عملکرد درختان را بهبود دادند، اما زمانی که با پلی‌آمین‌های اسپرمین و اسپرمیدین ترکیب شدند، تأثیر قابل توجهی در کاهش ریزش میوه، میوه‌های پوک و بدشکل و افزایش درصد خندانی و عملکرد در مقایسه با شاهد نشان دادند. همچنین خضری و همکاران (۲۰) بیان داشتند که کاربرد خارجی پلی‌آمین‌ها دو هفته پس از تمام گل بر روی پسته رقم کله قوچی، حجم پلی‌آمین های آزاد را در شاخه‌ها در دوسال کم محصول و پرمحصول افزایش داد. بعلاوه این محققین گزارش کردند که پلی‌آمین اسپرمین به علت جذب مستقیم به وسیله گل‌ها و جوانه‌های گل در مقایسه با پوترسین و اسپرمیدین نقش مهمی در کاهش ریزش درصد جوانه‌های گل در سال پرمحصول، کاهش درصد پوکی و میوه‌های بدشکل و بنابراین رشد و توسعه پسته ایفا نمود.

از آنجایی که خصوصیات فیزیولوژیکی هر گیاه و شرایط محیطی منطقه کاشت می‌تواند در حصول نتیجه نهایی تاثیرگذار باشد. این مطالعه با هدف بررسی تاثیر محلول‌پاشی پلی‌آمین‌های پوترسین، اسپرمیدین و اسپرمین بر صفات رویشی، ویژگی‌های میوه و عملکرد درختان پرمحصول و کم محصول پسته رقم اکبری در شرایط کم‌آبی در منطقه فیض‌آباد مه‌ولات استان خراسان رضوی انجام شد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در یک باغ تجاری بر روی درختان پسته ۲۰ ساله، رقم 'اکبری' (*Pistacia vera* L. cv. 'Akbari') واقع در قسمت غربی منطقه فیض آباد مه‌ولات استان خراسان رضوی (۳۴ درجه و ۴۰ دقیقه طول شرقی و ۵۸ درجه و ۲۵ دقیقه عرض شمالی، ارتفاع ۱۲۵۳ متر بالای سطح دریا) در سال ۱۳۹۵ انجام گرفت. آبیاری درختان باغ به صورت نواری سطحی و در فواصل ۳۶ روز انجام می‌گرفت. درختان پسته با فواصل ۶×۳ متر و بر روی پایه بادامی (بومی منطقه) پیوند شده بودند. اقلیم منطقه آزمایشی خشک و نیمه خشک و میزان بارندگی سالانه ۱۷۱ میلی‌متر بود. نتایج آنالیز خاک باغ مورد بررسی در جدول ۱ ارائه شده است.

آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در زمان بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و هفت تیمار شامل محلولپاشی با پوترسین، اسپرمیدین و اسپرمین در غلظت‌های صفر (شاهد) ۰/۱ و ۱ میلی‌مولار بر روی درختان پرمحصول و کم محصول پسته رقم 'اکبری' در دو زمان تمام گل (۲۳ فروردین ماه) و دو هفته بعد از تمام گل (۶ اردیبهشت ماه) انجام گردید. به‌طوری که برای هر حالت پرمحصول و کم محصول، سه درخت (تکرار یا بلوک) در نظر گرفته شد و کلیه تیمارها بر روی هر درخت در هفت شاخه اعمال شد. این شاخه‌ها یکساله، بدون انشعاب، تقریباً از نظر طول یکسان و دارای چهار خوشه در درختان پرمحصول و یک خوشه در درختان کم محصول بودند. پلی‌آمین‌های بکار برده شده پودری، خالص و ساخت شرکت سیگما بودند که از شرکت زیست‌آزما واقع در دانشگاه فردوسی مشهد تهیه شدند.

اندازه‌گیری صفات

اندازه‌گیری شاخص سبزینگی یا محتوی نسبی کلروفیل برگ با استفاده از دستگاه کلروفیل‌سنج (SPAD-502,Konica Minolta,

1- Kahli kerkennah
2- Guelb sardouk

Japan)، چهار هفته بعد از اعمال تیمارها انجام شد. به گونه‌ای که از هر شاخه تعداد پنج برگ کامل و سالم انتخاب و شاخص سبزینگی قرائت و ثبت شد. اندازه‌گیری سطح برگ در مرداد ماه انجام گردید. به منظور تعیین سطح برگ، برگ‌های کامل و سالم از شاخه‌ها جمع‌آوری و سپس اندازه‌گیری نمونه‌ها با دستگاه دیجیتال سطح سنج برگ (مدل LI-3100c) انجام شد. اندازه‌گیری طول و قطر شاخه‌های سال جاری نیز با استفاده از کولیس دیجیتال میلی‌متری و در زمان برداشت محصول انجام گرفت.

جدول ۱- برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک باغ آزمایشی

Table 1- Some physical and chemical properties of soil profile in the experimental orchard

عمق Depth (cm)	بافت Texture Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	هدایت الکتریکی EC (dS m^{-1})	اسیدیته pH	کربن آلی Organic C (%)	نیتروژن کل Total N (%)	فسفر P (ppm)	پتاسیم K (ppm)
0-30	67	17	16	5.22	7.55	0.23	0.03	5.9	258.3
30-60	68	16	16	4.5	7.53	0.11	0.02	2.7	175

شمارش تعداد جوانه‌های گل در اوایل خرداد ماه و همچنین در زمان برداشت انجام گرفت و درصد ریزش جوانه‌های گل محاسبه گردید. تعداد کل میوه‌های هر شاخه دو هفته پس از تمام گل و مجدداً در زمان برداشت محصول شمارش شده و درصد ریزش میوه تعیین شد. برداشت محصول از شاخه‌های اتیکت زده شده در اواخر شهریورماه و به وسیله دست انجام گرفت. بعد از برداشت، میوه‌ها از هر خوشه جدا شد و کل تعداد دانه در هر خوشه محاسبه گردید. به منظور بررسی سایر صفات میوه، بعد از پوست‌گیری و خشک شدن کامل میوه‌ها در هوای آزاد به مدت یک هفته، ۱۰۰ میوه به طور تصادفی از هر تکرار شمارش شد. در این نمونه، تعداد میوه‌های خندان و پوک تعیین و به صورت درصد بیان شد. نسبت مغز به وزن میوه خندان در ۱۰۰ گرم محاسبه و به صورت درصد مغز بیان گردید. به منظور بیان اندازه و وزن میوه، تعداد میوه در هر ۱۰۰ گرم نیز تعیین شد. همچنین عملکرد در هر تیمار به صورت وزن خشک میوه‌های خندان پوست‌گیری شده و خشک شده از هر شاخه ذکر گردید. در نهایت داده‌های حاصل از آزمایش به وسیله برنامه آماری SAS 9.1 تجزیه و تحلیل شد و میانگین تیمارهای مختلف توسط آزمون کمترین اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه گردید.

نتایج و بحث

رشد شاخه سال جاری، سطح برگ و درصد شاخص سبزینگی برگ

نتایج نشان داد که اثر ساده اعمال خارجی پلی‌آمین‌های آزاد تنها بر درصد شاخص سبزینگی (محتوی نسبی کلروفیل) برگ در درختان پرمحصول معنی‌دار بود ($p≤۰/۰۵$) (جدول ۲). تیمار پوترسین در دو غلظت ۱ و ۰/۱ میلی‌مولار به ترتیب با ۵۱/۵ و ۵۰/۳ درصد و اسپرمین در غلظت ۰/۱ میلی‌مولار با ۴۸/۲ درصد به طور قابل توجهی سبب افزایش شاخص سبزینگی در مقایسه با شاهد (۳۹/۹ درصد) شدند (جدول ۳). اگرچه، سایر پلی‌آمین‌های به کار برده شده اختلاف معنی‌داری با شاهد نداشتند (جدول ۳). پلی‌آمین‌ها به علت اینکه از اسیدهای آمینه (آرژنین و اورنیتین) تشکیل می‌شوند در ساختار خود دارای نیتروژن هستند (۲). از طرف دیگر گزارش شده است که ارتباط نزدیکی بین محتوی کلروفیل و نیتروژن برگ وجود دارد (۱۴). بنابراین با توجه به منشا نیتروژنی پلی‌آمین‌ها، ارتباط بین داده‌های دستگاه کلروفیل‌سنج و کل حجم نیتروژن برگ‌ها (۹ و ۲۹) و نتایج مطالعه حاضر، می‌توان بیان داشت که محلولپاشی پلی‌آمین‌ها می‌تواند منجر به افزایش غلظت نیتروژن و به دنبال آن افزایش محتوی کلروفیل برگ‌ها شود. طی پژوهشی بر روی درختان گلابی مشاهده شد که محلولپاشی پوترسین، ۱۲ روز بعد از گلدهی به طور قابل توجهی غلظت نیتروژن را افزایش داد (۱۰). آنجوم (۴) بیان داشت که کاربرد غلظت ۱ میلی‌مولار پلی‌آمین اسپرمیدین بر روی دانهال‌های مرکبات تحت تنش شوری محتوی نسبی کلروفیل برگ و محتوی نیتروژن گیاهان را بهبود بخشید.

اثر زمان محلولپاشی تنها بر طول شاخه در درختان پرمحصول و سطح برگ در درختان کم محصول معنی‌دار بود ($p≤۰/۰۵$) (جدول ۲). در هر دو صفت مورد ارزیابی، محلولپاشی دو هفته بعد از تمام گل در مقایسه با محلولپاشی در مرحله تمام گل تاثیر بیشتری در بهبود میزان رشد شاخه و سطح برگ داشت (جدول ۳). به طوری‌که میزان رشد شاخه و سطح برگ دو هفته بعد از تمام گل نسبت به مرحله تمام گل به ترتیب ۱۱/۴ و ۵ درصد افزایش داشت (جدول ۳).

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر تیمارهای مختلف پلی‌آمین و زمان محلولپاشی بر رشد شاخه، سطح برگ، شاخص سبزینگی و ریزش جوانه گل و میوه در درختان پرمحصول و کم محصول پسته رقم'اکبری'

Table 2- ANOVA for the effect of different polyamine treatments and spraying time on shoot growth, leaf area, leaf chlorophyll index, flower bud abscission and fruit abscission in ON- and OFF- pistachio trees cv.'Akbari'

منابع تغییر Sources of variation	درجه آزادی df	قطر شاخه Shoot diameter		طول شاخه Shoot length		سطح برگ Leaf area		شاخص سبزینگی Leaf chlorophyll index		ریزش جوانه گل Flower bud abscission		ریزش میوه Fruit abscission	
		پرمحصول On	کم محصول Off	پرمحصول On	کم محصول Off	پرمحصول On	کم محصول Off	پرمحصول On	کم محصول Off	پرمحصول On	کم محصول Off	پرمحصول On	کم محصول Off
بلوک Block (R)	2	1.7^{ns}	1.4^{ns}	0.9^{ns}	2.4^{ns}	10.1^{ns}	0.5^{ns}	38.4^{ns}	28.5^{ns}	3.9^{ns}	22.9^{ns}	9.2^{ns}	6.8^{ns}
پلی‌آمین Polyamine (P)	6	0.1^{ns}	0.1^{ns}	1.4^{ns}	0.8^{ns}	13.3^{ns}	13.4^{ns}	90*	23.3^{ns}	54^{ns}	13.7^{ns}	34.3*	5.5^{ns}
خطای (a) Error (a)	12	3.6	2.6	0.8	1.7	41.5	49.1	32.5	38.1	25.3	30.3	7.7	8.8
زمان محلولپاشی Spraying Time (T)	1	0.2^{ns}	0.01^{ns}	2.1*	0.4^{ns}	1.3^{ns}	20.9*	77.2^{ns}	221.8^{ns}	73.1^{ns}	0.2^{ns}	6.7^{ns}	2.5^{ns}
P×T	6	0.03^{ns}	0.03^{ns}	1*	0.5^{ns}	4.9^{ns}	0.1^{ns}	23.6^{ns}	3.5^{ns}	20.2^{ns}	2.1^{ns}	2.6^{ns}	1.3^{ns}
R×T	2	0.3^{ns}	0.01^{ns}	0.4^{ns}	2.5*	4.2^{ns}	6.1^{ns}	7.6^{ns}	40.1^{ns}	0.6^{ns}	5.02^{ns}	0.9^{ns}	0.9^{ns}
خطای باقیمانده Residual (error)	12	0.1	0.05	0.3	0.6	3.2	3.3	32.5	59.8	19.7	4.8	2.7	1.1
ضریب تغیرات CV (%)	-	4.5	3.1	12.5	13.9	5.7	5.2	12.2	15.1	12.8	11.1	12.2	10.9

**، *و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد، ۵ درصد و غیر معنی‌دار

**, * and ^{ns} significant at 1%, 5% of probability level and non-significant, respectively.

جدول ۳- اثر محلولپاشی برگی پلی‌آمین‌ها و زمان کاربرد آن بر رشد شاخه سال جاری، سطح برگ و شاخص سبزینگی برگ در درختان پرمحصول و کم محصول پسته رقم 'اکبری'

Table 3- The effect of foliar application of polyamines and its application time on current-year shoot growth, leaf area and leaf chlorophyll index in ON- and OFF- pistachio trees cv. 'Akbari'

تیمارها Treatments		قطر شاخه Shoot diameter (mm)		طول شاخه Shoot length (cm)		سطح برگ Leaf area (cm^2)		شاخص سبزینگی Leaf chlorophyll index (%)	
		پرمحصول On	کم محصول Off	پرمحصول On	کم محصول Off	پرمحصول On	کم محصول Off	پرمحصول On	کم محصول Off
پلی‌آمین Polyamine	Spm 0.1	7.8a	7.7a	4.3a	5.8a	32.3a	35.2a	48.2ab	50.3a
	Spm 1	7.8a	7.8a	4.7a	5.9a	32.9a	36.9a	46.5abc	52.5a
	Spd 0.1	7.5a	7.5a	4.7a	5.3a	31.2a	33.3a	46.7abc	49.4a
	Spd 1	7.4a	7.5a	4.6a	5.5a	29.4a	35.5a	44.1bc	52.4a
	Put 0.1	7.8a	7.7a	5.2a	5.7a	30.7a	34.6a	50.3ab	51.2a
	Put 1	7.6a	7.7a	5.2a	6.3a	32.9a	36.5a	51.5a	53.9a
	Control	7.5a	7.4a	3.8a	5.3a	29.5a	32.9a	39.9c	48.2a
	LSD (*p=0.05*)	2.4	2	1.1	1.7	8.1	8.8	7.2	7.8
زمان محلولپاشی Spraying time	FB	7.7a	7.6a	4.4b	5.6a	31.1a	34.3b	45.4a	48.8a
	2WAFB	7.6a	7.6a	4.9a	5.8a	31.5a	35.7a	48.1a	53.4a
	LSD (*p=0.05*)	0.2	0.2	0.4	0.5	1.2	1.2	3.8	5.2

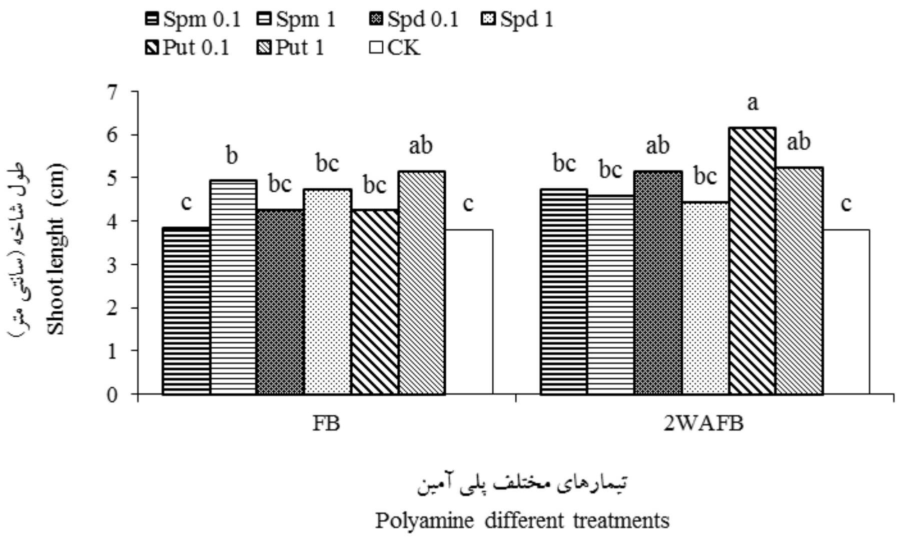
در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند ($p\leq ۰/۰۵$). Spm ، Spd و Put به ترتیب اسپرمین، اسپرمیدین و پوتریسین می‌باشند.FB : تمام گل، 2WAFB: دو هفته بعد تمام گل

In each column, means with similar letters are not significantly different *($p\leq 0.05$)*. Spm, Spd and Put are spermine, spermidine and Putrescine, respectively. FB: full bloom, 2WAFB: two weeks after full bloom

اثر متقابل بین تیمارهای مختلف پلی‌آمین و زمان محلولپاشی تنها بر طول شاخه در درختان پرمحصول تاثیر معنی‌داری داشت و سایر صفات ازاین‌نظر اختلاف معنی‌داری نداشتند ($p\leq ۰/۰۵$) (جدول ۲). نتایج نشان داد که در زمان محلولپاشی در مرحله تمام گل، غلظت ۱ میلی‌مولار پلی‌آمین‌ها تاثیر بیشتری در افزایش طول شاخه داشت. اگرچه، هر سه پلی‌آمین مورد استفاده در این غلظت تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نشان ندادند، اما در زمان دو هفته بعد از تمام گل بیشترین طول شاخه در غلظت ۰/۱ میلی‌مولار پلی‌آمین‌ها حاصل شد و در این بین، پلی‌آمین پوترسین با ۶/۱ سانتی‌متر دارای بیشترین طول شاخه بود (شکل ۱). همچنین در این مرحله میزان طول شاخه در غلظت ۱ میلی‌مولار اسپرمین و اسپرمیدین در مقایسه با مرحله تمام گل کاهش داشت، درحالی‌که طول شاخه در غلظت ۱ میلی‌مولار پوترسین نسبت به مرحله تمام گل اندکی افزایش نشان داد. به طور کلی محلولپاشی پلی‌آمین پوترسین در هر دو غلظت و بخصوص غلظت ۰/۱ میلی‌مولار در مرحله دو هفته بعد از تمام گل موثرترین تیمار در افزایش طول شاخه بود (شکل ۱). طی پژوهشی که بر روی پسته رقم کله قوچی انجام شد، مشخص گردید که کاربرد خارجی پلی‌آمین‌ها بر روی شاخه به ویژه دو هفته بعد از تمام گل سبب افزایش محتوی پلی‌آمین‌های آزاد درون شاخه‌ها در هر دو درختان پرمحصول و کم محصول شد. همچنین نتایج این پژوهش نشان داد اعمال پوترسین دو هفته بعد از تمام گل در مقایسه با سایر تیمارها (اسپرمین و اسپرمیدین) به طور معنی‌داری محتوی پوترسین شاخه‌ها را افزایش داد (۲۰). گزارش شده است که مقدار پوترسین درون گیاه بعد از تمام گل یا بعد از تشکیل میوه کاهش و دو هفته بعد از تمام گل بیوسنتز آن دوباره افزایش می‌یابد (۲۷). از این رو به نظر می‌رسد علت موثرتر بودن پلی‌آمین پوترسین در مرحله دو هفته بعد از تمام گل، افزایش بیشتر بیوسنتز آن در گیاه، در نتیجه کاربرد خارجی پوترسین باشد.

درصد ریزش جوانه گل و میوه

بر طبق مشاهدات حاصل از تجزیه واریانس، تنها ریزش میوه تحت تاثیر تیمارهای مختلف پلی‌آمین معنی‌دار بود ($p\leq ۰/۰۵$) (جدول ۲). تمامی پلی‌آمین‌ها در درختان پرمحصول باعث کاهش ریزش میوه شدند. با این‌وجود، کاربرد پلی‌آمین پوترسین در غلظت‌های ۱ و ۰/۱ میلی‌مولار با مقادیر ۱۱/۱ و ۱۱/۳ درصد در مقایسه با سایر تیمارها در کاهش ریزش میوه موثرتر بود (جدول ۴). در مطالعات دیگر نیز گزارش شده است که کاربرد خارجی پلی‌آمین‌ها منجر به کاهش ریزش شدید میوه‌ها در انبه (۲۶) و لیچی (۳۶) شد.



شکل ۱- اثر متقابل تیمارهای مختلف پلی‌آمین × زمان محلولپاشی بر طول شاخه در درختان پرمحصول پسته رقم 'اکبری'

Figure 1- Interaction effect of different polyamine treatments ×spraying time on shoot length in ON- pistachio trees cv. 'Akbari'

جدول ٤- اثر محلولپاشی برگی پلی‌آمین‌ها و زمان کاربرد آن بر ریزش جوانه گل و میوه در درختان پرمحصول و کم محصول پسته رقم 'اکبری'

Table 4- The effect of foliar application of polyamines and its application time on flower bud and fruit abscission in ON- and OFF- pistachio trees cv. 'Akbari'

تیمارها Treatments		ریزش جوانه گل Flower bud abscission (%)		ریزش میوه Fruit abscission (%)	
		پرمحصول On	کم محصول Off	پرمحصول On	کم محصول Off
پلی‌آمین Polyamine	Spm 0.1	36.2a	20.4a	12.8bc	9.9a
	Spm 1	36.4a	20.4a	13.5bc	8.4a
	Spd 0.1	33.4a	21.2a	15.2ab	9.8a
	Spd 1	33.4a	17.7a	13.5bc	9.1a
	Put 0.1	30.9a	19.1a	11.3c	9.1a
	Put 1	32.9a	17.7a	11.1c	9.2a
	Control	39.9a	21.1a	18a	11.4a
	LSD (*p=0.05*)	6.3	6.9	3.5	3.7
زمان محلولپاشی Spraying time	FB	33.4a	19.7a	13.2a	9.8a
	2WAFB	36a	19.6a	14a	9.3a
	LSD (*p=0.05*)	3	1.5	1.1	0.7

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند ($p\leq ۰/۰۵$). Spm ، Spd و Put به ترتیب اسپرمین، اسپرمیدین و پوتریسین می‌باشند.FB : تمام گل، 2WAFB: دو هفته بعد تمام گل

In each column, means with similar letters are not significantly different ($p\leq 0.05$). Spm, Spd and Put are spermine, spermidine and Putrescine, respectively. FB: full bloom, 2WAFB: two weeks after full bloom

ریزش میوه در پسته ممکن است به علت گرده‌افشانی نامناسب، غالبیت میوه‌ها در خوشه، اندام‌های زایشی غیرطبیعی (۱) و رقابت بر سر منابع از جمله اسیمیلات‌ها و هورمون‌های گیاهی باشد (۳۸). مطالعات نشان داده است که پلی‌آمین‌ها نقش مهمی در گرده افشانی و توسعه جنین و میوه دارند (۱۶). همچنین مشخص شده است که برای سنتز پلی‌آمین‌ها و اتیلن، پیش‌ماده‌ی مشترک اس- آدنوزیل متیونین[1] لازم است که با افزایش سنتز پلی‌آمین‌ها و یا افزایش غلظت آن‌ها در گیاه، تولید اتیلن در گیاهان کاهش می‌یابد (۳). از این‌رو چنین به‌نظر می‌رسد که محلول‌پاشی پلی‌آمین‌های آزاد بخصوص پوترسین از طریق بهبود عمل لقاح و رشد و نمو جنین و یا از طریق

1- S-adenosyle methionine

کاهش سنتز اتیلن باعث کنترل ریزش میوه‌ها می‌شوند. با این‌وجود، واکنش درختان کم محصول به کاربرد پلی‌آمین‌ها کمتر بود. به نظر می‌رسد نیاز تغذیه‌ای پایین در این درختان دلیل این موضوع باشد (جدول ۴).

ویژگی‌های میوه، تعداد دانه در خوشه و عملکرد

نتایج نشان داد کاربرد کلیه پلی‌آمین‌ها در درختان کم محصول سبب کاهش درصد پوکی شد. به طوری‌که تیمارهای پوترسین (در هر دو غلظت) و اسپرمیدین (۱ میلی‌مولار) کمترین و تیمار شاهد بیشترین درصد پوکی را به خود اختصاص دادند (جدول ۵ و ۶). تاثیر معنی‌دار پلی‌آمین‌ها بر درصد پوکی در درختان کم محصول در مقایسه با پرمحصول می‌تواند به علت افزایش درصد پوکی در این درختان باشد (۱۳). دلیل عمده پوکی در پسته عدم تمایز مناسب و تخریب قسمت‌های مختلف کیسه جنینی به ویژه فونیکول گزارش شده است (۳۴). پلی‌آمین‌ها ترکیباتی هستند که در بسیاری از فرآیندهای گیاه از جمله جنین‌زایی و توسعه اندام‌های جنسی نقش دارند (۱۶). لذا کاهش درصد پوکی در تیمارهای پلی‌آمین به ویژه پوترسین می‌تواند به علت نقش آن‌ها در جلوگیری از تخریب کیسه جنینی باشد.

در بین صفات عملکردی اثر زمان محلول‌پاشی تنها بر درصد پوکی در درختان پرمحصول معنی‌دار بود ($p\leq۰/۰۵$) (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که محلول‌پاشی دو هفته بعد از تمام گل به طور قابل توجهی درصد پوکی را در مقایسه با مرحله تمام گل کاهش داد (جدول ۶). محتوی پلی‌آمین‌ها در گیاهان یکساله و چندساله با رشد میوه در طول مرحله تقسیم سلولی تغییر می‌کند که این امر نشان می‌دهد بیوسنتز پلی‌آمین‌ها با رشد و توسعه بافت‌های تخمدان بعد از باروری و تشکیل میوه در ارتباط است (۳۵). مطالعات نشان داده است که محتوی کمتر پلی‌آمین‌ها در طول تشکیل میوه و در تخمدان‌های بارور شده‌ی انگور و زیتون باعث از بین رفتن جنین می‌شود (۳۱ و ۳۳). در آزمایشی که طی آن اثر سطوح پلی‌آمین‌های مختلف بر رشد و توسعه میوه‌های پارتنوکارپ زیتون انجام گرفت، ثابت شد که محتوی پلی‌آمین‌ها بخصوص پوترسین در بافت مزوکارپ و بذر میوه های زیتون به سرعت در طول دو هفته اول بعد از تمام گل کاهش یافت و پس از این مرحله مجددا شروع به افزایش کرد (۷). بنابراین کاهش بیشتر درصد پوکی در مرحله دو هفته بعد از تمام گل در مقایسه با مرحله تمام گل تحت تاثیر پلی‌آمین‌ها می‌تواند به علت رشد و توسعه تخمدان و افزایش سنتز درونی پلی‌آمین‌ها در این مرحله باشد که همراه با اعمال برگی، سنتز بیشتری را به دنبال دارند و از این طریق در کاهش درصد میوه‌های پوک موثرتر هستند.

در این آزمایش اثر تیمارهای مختلف پلی‌آمین بر تعداد دانه در خوشه در درختان پرمحصول اختلاف معنی‌داری نشان داد ($p\leq۰/۰۵$) (جدول ۵). تیمارهای پوترسین ۱ و ۰/۱ میلی‌مولار و اسپرمیدین ۰/۱ میلی‌مولار به ترتیب با ۱۹/۳، ۱۹ و ۱۷/۱۶ دانه در خوشه در مقایسه با سایر تیمارها دارای بیشترین تعداد بودند، در حالی‌که افزایش تعداد دانه در خوشه در سایر پلی‌آمین‌ها تفاوت معنی‌داری را با شاخه‌های شاهد نشان ندادند (جدول ۶). نتایج همبستگی بین صفات در درختان پرمحصول نشان داد که طول شاخه و ریزش میوه ارتباط معنی‌داری با تعداد دانه در خوشه دارد (جدول ۷). از این‌رو به نظر می‌رسد پلی‌آمین ها می‌توانند از طریق افزایش سنتز اسیمیلات‌ها باعث کاهش ریزش میوه و افزایش رشد در گیاه شوند و از این‌طریق تعداد دانه در خوشه را افزایش دهند (جدول ۷). مقایسه میانگین اثر تیمارهای پلی‌آمین و زمان محلول‌پاشی نیز نشان داد که هیچ کدام از پلی‌آمین‌ها و زمان پاشش آن‌ها بر تعداد دانه در ۱۰۰ گرم (بیانگر اندازه میوه)، درصد خندانی و درصد مغز میوه تاثیر معنی‌داری نداشتند (جدول ۶).

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که کاربرد تیمارهای مختلف پلی‌آمین در درختان کم محصول بر عملکرد شاخه معنی‌دار نبود ($p\leq۰/۰۵$) (جدول ۵). اگرچه، محلول‌پاشی پلی‌آمین‌ها در درختان پرمحصول به طور معنی‌داری عملکرد در شاخه را در مقایسه با شاهد بهبود دادند ($p\leq۰/۰۵$) (جدول ۵ و شکل ۲). همچنین بین تیمارهای پلی‌آمین نیز از نظر میزان عملکرد اختلاف قابل توجهی مشاهده شد. به طوری‌که تیمار پوترسین در هر دو غلظت ۰/۱ و ۱ میلی‌مولار با ۷۳/۲ و ۶۹/۵ گرم، بیشترین مقدار عملکرد در شاخه را به خود اختصاص داد (شکل ۲). تأثیر مثبت اعمال پوترسین در مرحله نهایی تشکیل میوه انبه نیز گزارش شده است و بیان شده است اعمال پوترسین می‌تواند به طور قابل توجهی باعث افزایش در عملکرد میوه شود (۴۱). همچنین مشخص شده است نمو مغز پسته و عملکرد آن به غلظت پلی‌آمین‌های داخلی بویژه اسپرمین در جوانه‌های گل بستگی دارد (۳۲). براساس مطالعه‌ای که طی آن تأثیر انواع پلی‌آمین بر عملکرد پسته کله قوچی انجام گرفت، مشخص گردید که افزایش عملکرد پسته در سال پرمحصول تحت تأثیر پلی‌آمین اسپرمین به علت کاهش اختلالات فیزیولوژیکی پسته از جمله زود خندانی، ناخندانی، میوه‌های بدشکل و پوکی بود (۲۰). طی پژوهشی دیگری بر روی پسته گزارش شد که غلظت‌های ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار اسپرمین به علت بهبود رشد و توسعه گل‌های زایشی و میوه‌ها باعث افزایش عملکرد ارقام پسته اکبری، اوحدی و کله قوچی در دو سال پرمحصول و کم محصول شدند (۱۸). از آنجایی که پلی‌آمین‌ها به عنوان ترکیبات پلی‌کاتیونی نیتروژن‌دار و ضدپیری شناخته شده‌اند (۶). این احتمال وجود دارد که این تنظیم‌کننده‌های زیستی می‌توانند به عنوان منبع نیتروژن یا مولکول‌های راهنما عمل کنند و از این‌طریق در عملکرد پسته موثر باشند (۱۸).

جدول ۵- تجزیه واریانس اثر تیمارهای مختلف پلی‌آمین و زمان محلولپاشی بر ویژگی‌های میوه، تعداد دانه در خوشه و عملکرد درختان پرمحصول و کم محصول پسته رقم 'اکبری'

Table 5- ANOVA for the effect of different polyamine treatments and spraying time on nut attributes, No. of nuts per cluster and yield of ON- and OFF- pistachio trees cv. 'Akbari'

منابع تغییر Sources of variation	درجه آزادی df	پوکی Blank nut		خندانی Split nut		مغز Kernel		تعداد دانه در ۱۰۰ گرم No. of nuts per 100 g		تعداد دانه در خوشه No. of nuts per cluster		عملکرد Yield	
		پرمحصول On	کم محصول Off	پرمحصول On	کم محصول Off	پرمحصول On	کم محصول Off	پرمحصول On	کم محصول Off	پرمحصول On	کم محصول Off	پرمحصول On	کم محصول Off
بلوک Block (R)	2	1.8^{ns}	44.9^{ns}	5.5^{ns}	5.2^{ns}	29.5^{ns}	8^{ns}	36.9^{*}	41.1^{ns}	7.3^{ns}	2.1^{ns}	24.6^{ns}	46.8^{ns}
پلی‌آمین Polyamine (P)	6	8.5^{ns}	47.8^{*}	26.9^{ns}	29.5^{ns}	6.8^{ns}	8.5^{ns}	2.5^{ns}	6.5^{ns}	26.9^{*}	11.7^{ns}	365.8^{**}	63.4^{ns}
خطای (a) Error (a)	12	9.6	14.8	17.8	21.2	22.7	23.4	7.5	17.4	7	17.2	29.4	49.1
زمان محلولپاشی Spraying Time (T)	1	7.4^{**}	0.02^{ns}	20.6^{ns}	0.1^{ns}	15.3^{ns}	4.4^{ns}	2.4^{ns}	3.3^{ns}	0.9^{ns}	0.3^{ns}	6.7^{ns}	3.2^{ns}
P×T	6	0.6^{ns}	0.8^{ns}	1.8^{ns}	0.8^{ns}	0.5^{ns}	0.6^{ns}	0.1^{ns}	0.1^{ns}	3.4^{ns}	1^{ns}	20.7^{ns}	7.3^{ns}
R×T	2	4.9^{**}	0.9^{ns}	3.1^{ns}	10.7^{ns}	10.9^{ns}	0.3^{ns}	8.9^{ns}	28.3^{ns}	3.9^{ns}	1.5^{ns}	3.8^{ns}	3.2^{ns}
خطای باقیمانده Residual) (error	12	0.6	1	12.5	12.1	14.7	4.7	4.8	16.1	6.5	2.6	17	3.6
ضریب تغییرات (CV%)	-	7.6	6.4	3.9	3.7	6.9	3.9	2.3	4.6	15.3	7.8	6.7	6

**، *و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد، ۵ درصد و غیر معنی‌دار

**, * and ns significant at 1%, 5% of probability level and non-significant, respectively.

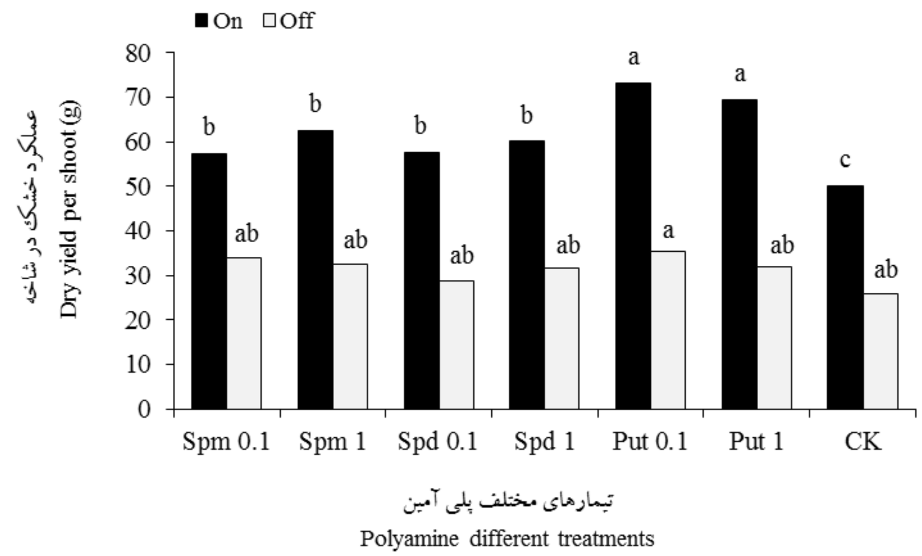
جدول ٦- اثر محلولپاشی برگی پلی‌آمین‌ها و زمان کاربرد آن بر ویژگی‌های میوه و تعداد دانه در خوشه در درختان پرمحصول و کم محصول پسته رقم 'اکبری'

Table 6- The effect of foliar application of polyamines and its application time on nut attributes and number of nuts per cluster in ON and OFF pistachio trees cultivar Akbari

تیمارها Treatments		پوکی Blank nut (%)		خندانی Split nut (%)		مغز Kernel (%)		تعداد دانه در ۱۰۰ گرم No. of nuts per 100 g		تعداد دانه در خوشه No. of nuts per cluster	
		پرمحصول On	کم محصول Off	پرمحصول On	کم محصول Off	پرمحصول On	کم محصول Off	پرمحصول On	کم محصول Off	پرمحصول On	کم محصول Off
پلی‌آمین Polyamine	Spm 0.1	10.2a	16abc	90.9a	93.8a	55.1a	54.7a	95.3a	87.8a	16.4abcd	21.4a
	Spm 1	8.9a	14.9bc	91.6a	94.3a	55.7a	56.3a	95.8a	86.8a	15.1cd	20.3a
	Spd 0.1	11.4a	17.2ab	89.6a	93.7a	53.9a	54a	95a	87a	17.6abc	19a
	Spd 1	9a	14.4bc	92.2a	95.7a	55.2a	56a	95.8a	87.9a	15.8bcd	20a
	Put 0.1	10.2a	13.8bc	92.4a	95.6a	54.3a	55.1a	95.2a	86.4a	19ab	21.8a
	Put 1	9.3a	11.9c	93.1a	96.6a	56.6a	57.3a	94.6a	86.7a	19.3a	22.4a
	Control	11.9a	20.7a	86.9a	89.8a	53.6a	54.3a	96.6a	89.5a	13.4d	18.8a
	LSD (*p=0.05*)	3.9	4.8	5.3	5.8	6	6.1	3.5	5.3	3.3	5.2
زمان محلولپاشی Spraying time	FB	10.6a	15.6a	90.3a	94.2a	54.3a	55.7a	95.2a	87.2a	16.8a	20.6a
	2WAFB	9.7b	15.5a	91.7a	94.3a	55.5a	55a	95.7a	87.7a	16.5a	20.4a
	LSD (*p=0.05*)	0.5	0.7	2.4	2.3	2.6	1.5	1.5	2.7	1.7	1.1

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند ($p\leq۰/۰۵$). Spm، Spd و Put به ترتیب اسپرمین، اسپرمیدین و پوتریسین می‌باشند. FB : تمام گل، 2WAFB: دو هفته بعد تمام گل

In each column means with similar letters are not significantly different ($p\leq 0.05$). Spm, Spd and Put are spermine, spermidine and Putrescine, respectively. FB: full bloom, 2WAFB: two weeks after full bloom



شکل ۲- تأثیر محلولپاشی برگی پلی‌آمین‌ها بر عملکرد شاخه در درختان پرمحصول و کم محصول پسته رقم 'اکبری'

Figure 2- The effect of foliar application of polyamines on yield per shoot in ON- and OFF- pistachio trees cv. 'Akbari'

جدول ۷- همبستگی بین صفات مورد ارزیابی در درختان پرمحصول پسته رقم 'اکبری'

Table 7- Correlation between traits evaluated in ON- pistachio trees cv. 'Akbari'

صفات Traits	Sh. D	Sh. L	LA	SPAD	FBA	FA	BN	SN	K	No. N per 100 g	No. N per C	Y
Sh. D	1											
Sh. L	0.06^{ns}	1										
LA	0.29^{ns}	0.01^{ns}	1									
SPAD	0.06^{ns}	0.3^{ns}	0.39^{*}	1								
FBA	-0.01^{ns}	-0.21^{ns}	-0.2^{ns}	-0.39^{**}	1							
FA	-0.03^{ns}	-0.16^{ns}	-0.13^{ns}	-0.39^{*}	0.28^{ns}	1						
BN	-0.26^{ns}	-0.23^{ns}	-0.01^{ns}	-0.34^{*}	0.17^{ns}	0.04^{ns}	1					
SN	0.21^{ns}	0.03^{ns}	0.03^{ns}	0.35^{*}	-0.29^{ns}	-0.39^{*}	-0.29^{ns}	1				
K	0.11^{ns}	0.27^{ns}	0.06^{ns}	0.25^{ns}	-0.07^{ns}	-0.4^{**}	-0.11^{ns}	0.06^{ns}	1			
No. N per 100 g	0.24^{ns}	0.06^{ns}	-0.18^{ns}	-0.02^{ns}	0.01^{ns}	0.28^{ns}	-0.22^{ns}	-0.004^{ns}	-0.1^{ns}	1		
No. N per C	0.02^{ns}	0.38^{*}	0.09^{ns}	0.18^{ns}	-0.22^{ns}	-0.41^{**}	-0.08^{ns}	0.19^{ns}	0.06^{ns}	-0.24^{ns}	1	
Y	0.14^{ns}	0.35^{*}	0.02^{ns}	0.44^{**}	-0.43^{**}	-0.63^{**}	-0.28^{ns}	0.44^{**}	0.14^{ns}	-0.18^{ns}	0.57^{**}	1

**، *و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد، ۵ درصد و غیر معنی‌دار

**, * and ^{ns} significant at 1%, 5% of probability level and non-significant, respectively.

Sh. D، Sh. L، LA، SPAD، FBA، FA، BN ، SN، K، No. N per 100 g، No. N per C و Y به ترتیب نشان‌دهنده قطر شاخه، طول شاخه، سطح برگ، شاخص سبزینگی، ریزش جوانه گل، ریزش میوه، پوکی، خندانی، مغز، تعداد دانه در ۱۰۰ گرم، تعداد دانه در خوشه و عملکرد می‌باشند.

Sh. D. Sh. L, LA, SPAD, FBA, FA, BN, SN, K, No. N per 100 g, No. N per C and Y are shoot diameter, shoot length, leaf area, leaf chlorophyll index, flower bud abscission, fruit abscission, blank nut, split nut, kernel, no. of nuts per 100 g, no. of nuts per cluster and yield, respectively.

جدول ۸- همبستگی بین صفات مورد ارزیابی در درختان کم‌محصول پسته رقم 'اکبری'

Table 8- Correlation between traits evaluated in OFF- pistachio trees cv. 'Akbari'

Traits صفات	Sh. D	Sh. L	LA	SPAD	FBA	FA	BN	SN	K	No. N per 100 g	No. N per C	Y
Sh. D	1											
Sh. L	0.27^{ns}	1										
LA	0.12^{ns}	0.09^{ns}	1									
SPAD	0.18^{ns}	0.1^{ns}	0.14^{ns}	1								
FBA	-0.11^{ns}	-0.38^{*}	-0.32^{*}	-0.05^{ns}	1							
FA	-0.04^{ns}	-0.3^{ns}	-0.51^{**}	-0.41^{**}	0.03^{ns}	1						
BN	-0.12^{ns}	-0.08^{ns}	-0.3^{ns}	-0.09^{ns}	0.09^{ns}	0.19^{ns}	1					
SN	0.31^{*}	0.16^{ns}	0.14^{ns}	0.47^{**}	-0.16^{ns}	-0.24^{ns}	-0.39^{*}	1				
K	0.13^{ns}	0.46^{**}	0.16^{ns}	0.11^{ns}	-0.14^{ns}	-0.02^{ns}	-0.33^{*}	0.36^{*}	1			
No. N per 100 g	0.24^{ns}	-0.17^{ns}	-0.08^{ns}	-0.04^{ns}	0.04^{ns}	0.08^{ns}	-0.09^{ns}	-0.07^{ns}	-0.32^{*}	1		
No. N per C	0.07^{ns}	0.14^{ns}	0.23^{ns}	0.25^{ns}	0.04^{ns}	-0.01^{ns}	-0.27^{ns}	0.4^{**}	0.09^{ns}	0.1^{ns}	1	
Y	0.15^{ns}	0.28^{ns}	0.03^{ns}	0.2^{ns}	-0.16^{ns}	-0.21^{ns}	-0.18^{ns}	0.25^{ns}	0.04^{ns}	-0.19^{ns}	0.13^{ns}	1

**، *و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد، ۵ درصد و غیر معنی‌دار

**, * and ^{ns} significant at 1%, 5% of probability level and non-significant, respectively.

Sh. D، Sh. L، LA، SPAD، FBA، FA، BN ، SN، K، No. N per 100 g، No. N per C و Y به ترتیب نشان‌دهنده قطر شاخه، طول شاخه، سطح برگ، شاخص سبزینگی، ریزش جوانه گل، ریزش میوه، پوکی، خندانی، مغز، تعداد دانه در ۱۰۰ گرم، تعداد دانه در خوشه و عملکرد می‌باشند.

Sh. D. Sh. L, LA, SPAD, FBA, FA, BN, SN, K, No. N per 100 g, No. N per C and Y are shoot diameter, shoot length, leaf area, leaf chlorophyll index, flower bud abscission, fruit abscission, blank nut, split nut, kernel, no. of nuts per 100 g, no. of nuts per cluster and yield, respectively.

بنابراین، به‌نظر می‌رسد اعمال پلی‌آمین‌های خارجی علاوه بر نقش تنظیم‌کنندگی در جنین‌زایی و اندام‌زایی از طریق افزایش نیتروژن و محتوی نسبی کلروفیل برگ باعث افزایش فرآیند فتوسنتز و تولید کربوهیدرات‌ها شدند، در نتیجه ریزش جوانه‌ها و میوه‌ها کاهش و تعداد دانه در خوشه افزایش یافت که در نهایت تشکیل میوه و عملکرد شاخه بهبود پیدا کرد. نتایج همبستگی بین صفات نیز این موضوع را تایید نمود، به طوری‌که در درختان پرمحصول بین عملکرد پسته با صفات تعداد دانه در خوشه، ریزش گل و میوه، درصد خندانی،

محتوی نسبی کلروفیل برگ و طول شاخه همبستگی معنی‌داری وجود داشت (جدول ۷). همچنین همبستگی بین صفات در درختان کم‌محصول محاسبه شد اما برخلاف درختان پرمحصول، همبستگی معنی‌داری بین عملکرد و صفات مورد ارزیابی مشاهده نشد (جدول ۸).

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که اعمال تیمارهای پلی‌آمین در درختان کم محصول تنها بر درصد پوکی و در درختان پرمحصول بر شاخص سبزینگی برگ، ریزش میوه، تعداد دانه در خوشه و عملکرد مؤثر بود. اگرچه در بین پلی‌آمین‌ها، تیمار پوترسین (۰/۱ و ۱ میلی مولار) در مقایسه با اسپرمین و اسپرمیدین در کنترل مشکلات فیزیولوژیکی و افزایش عملکرد پسته تاثیر بیشتری داشت. زمان محلولپاشی به جز در مورد طول شاخه، سطح برگ و پوکی در سایر صفات اثر معنی‌داری را نشان نداد. همچنین محلولپاشی پلی‌آمین‌ها دو هفته بعد از تمام گل در مقایسه با تمام گل تأثیر بیشتری در بهبود سه صفت مورد ارزیابی داشت. اثر متقابل تیمارهای مختلف پلی‌آمین و زمان پاشش آن‌ها در مورد طول شاخه نشان داد که محلولپاشی پوترسین دو هفته بعد از تمام گل در بین پلی‌آمین‌های کاربردی بیشترین طول شاخه را به همراه داشت که دلیل این امر می‌تواند افزایش مجدد سنتز درونی پلی‌آمین‌ها به ویژه پوترسین دو هفته بعد از تمام گل باشد که با محلولپاشی برگی، تولید این پلی‌آمین بیشتر شده و بنابراین تاثیر بیشتری در بهبود طول شاخه نسبت به مرحله تمام گل داشت. نتایج همبستگی بین صفات در درختان پرمحصول نیز نشان داد که افزایش عملکرد در نتیجه استفاده از پلی‌آمین‌ها به علت کاهش ریزش میوه و افزایش تعداد دانه در خوشه بود. بر طبق نتایج مطالعه حاضر مشخص شد که این تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی بویژه پوترسین، پتانسیل بهبود رشد، عملکرد و کاهش مشکلات فیزیولوژیکی پسته در شرایط نامساعد محیطی را دارند.

سپاسگزاری

اعتبار این پژوهش از طرح شماره ۴۲۵۰۲ مورخ ۱۳۹۵/۰۸/۱۶ معاونت محترم پژوهشی و فناوری دانشگاه فردوسی مشهد تأمین شده است که بدین وسیله سپاسگزاری می‌گردد.

منابع

1- Acar I., and Eti S. 2007. Abscission of pistachio flowers and fruits as affected by different pollinators. Pakistan Journal of Biological Science 10: 2920-2924.
2- Ahmad P., Kumar A., Gupta A., Hu X., ul Rehman Hakeem K.H., Mahgoub Azooz M., and Sharma S. 2012. Polyamines: Role in Plants under Abiotic Stress. p. 491-512. M. Ashraf et al. (eds.) Crop Production for Agricultural Improvement. Springer Science+Business Media B.V. 2012.
3- Alcázar R., Marco F., Cuevas J.C., Patron M., Ferrando A., Carrasco P., Tiburcio A.F., and Altabella T. 2006. Involvement of polyamines in plant response to abiotic stress. Biotechnology Letters 28: 1867–1876.
4- Anjum M.A. 2011. Effect of exogenously applied spermidine on growth and physiology of citrus rootstock Troyer citrange under saline conditions. Turkish Journal of Agriculture and Forestry 35: 43-53.
5- Arias M., Carbonell J., and Agusti M. 2005. Endogenous free polyamines and their role in fruit set of low and high parthenocarpic ability citrus cultivars. Journal of Plant Physiology 162: 845–853.
6- Aziz A., Brunb O., and Audran J. 2001. Involvement of polyamines in the control of fruitlet physiological abscission in grapevine (*Vitis vinifera*). Physiologia Plantarum 113: 50–58.
7- Bagheri S., Rahemi M., Abedy B., Nemati H., and Rowshan V. 2017. Changes in polyamine levels in relationship to the growth and development of parthenocarpic fruits (shotberries) of olive (*Olea europaea* L.). Scientia Horticulturae 215: 172-177.
8- Bouchereau A., Aziz A., Larher F., and Martin-Tanguy J. 1999. Polyamines and environmental challenges: recent development. Plant Science 140: 103-125.
9- Chapman S.C., and Barreto H.J. 1997. Using chlorophyll meter to estimate specific leaf nitrogen of tropical maize during vegetative growth, Agronomy Journal 89(4): 557-562.
10- Crisosto C.H., Lombard B.P., Sugal D., and Polito V.S. 1988. Putrescine influences ovule senescence, fertilization time, and fruit set in 'Comice' pear. Journal of the American Society for Horticultural Science 113(5): 708-712.
11- FAO. 2008. Production Year Book.Vol. 62. F.A.O. Rome, Italy
12- FAO. 2017. http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC.
13- Ferguson L., Beede R.H., Freeman M.W., Haviland D.R., Holtz B.A., and Kallsen C.E. 2005. Pistachio Production Manual (4th ed.). Fruit and Nut Research and Information Center, University of California, Davis, California.
14- Fritschi F.B., and Ray J.D. 2007. Soybean leaf nitrogen, chlorophyll content, and chlorophyll a/b ratio. Photosynthetica 45: 92- 98.

15- Galston A.W., and Kaur-Sawhney R. 1990. Polyamines in plant physiology. Plant Physiology 94: 406-410.
16- Galston A.W., Kaur-Sawhney R., Altabella T., and Tiburcio A.F. 1997. Plant polyamines in reproductive activity and response to abiotic stress. Botanica Acta 110: 197–207.
17- Groppa M.D., Rosales E.P., Iannone M.F., and Benavides M.P. 2008. Nitric oxide, polyamines and Cd-induced phytotoxicity in wheat roots. Phytochemistry 69: 2609–2615.
18- Kamiab F., Heidari Salehabad M., and Zamanibahramabadi E. 2015. Evaluation the effects of foliar treatments of polyamines and some organic acids on quantitative and qualitative traits in some pistachio cultivars. Journal of Nuts 6(2): 131-142.
19- Kamiab F., Talaie A., Khezri M., and Javanshah A. 2013. Exogenous application of free polyamines enhances salt tolerance of pistachio (*Pistacia vera* L.). Plant Growth Regulation 72: 257-278.
20- Khezri M., Talaie A., Javanshah A., and Hadavi F. 2010. Effect of exogenous application of free polyamines on physiological disorders and yield of 'Kaleh-Ghoochi' pistachio shoots (*Pistacia vera* L.). Scientia Horticulturae 125: 270-276.
21- Kumar A., Altabella T., Taylor M., and Tiburcio A.F. 1997. Recent advances in polyamine research. Trends in Plant Science 2: 124–130.
22- Kusano T., Berberich T., Tateda C., and Takahashi Y. 2008. Polyamines: essential factors for growth and survival. Planta 228: 367–381.
23- Kushad M.M. 1998. Changes in polyamine levels in relationship to the double-sigmoidal growth curve of peaches. Journal of the American Society for Horticultural Science 123: 950–955.
24- Liu H.P., Dong B.H., Zhang Y.Y., Liu Z.P., and Liu Y.L. 2010. Relationship between osmotic stress and the levels of free, conjugated and bound polyamines in leaves of wheat seedlings. Plant Science 166: 1261–1267.
25- Lopatin A.N., Makhina E.N., and Nichols C.G. 1994. Potassium channel block by cytoplasmic polyamines as the mechanism of intrinsic rectification. Nature 372: 366–369.
26- Malik A., and Singh Z. 2006. Improved fruit retention, yield and fruit quality in mango with exogenous application of polyamines. Scientia Horticulturae 110: 167–174.
27- Malik A.U., and Singh Z. 2004. Endogenous free polyamines of mangos in relation to development and ripening. Journal of the American Society for Horticultural Science 129: 280–286.
28- Malmberg R.L., Watson M.B., Galloway G.L., and Yu W. 1998. Molecular genetic analyses of plant polyamines. Critical Reviews in Plant Sciences 17: 199–224.
29- Minotti P.L., Halseth D.E., and Sieckza J.B. 1994. Field chlorophyll measurements to assess the nitrogen status of potato varieties. American Society for horticultural Science 29(12): 1497-1500.
30- Pistocchi R., Bagni N., and Creus J.A. 2002. Polyamine uptake in carrot cell cultures. Plant Physiology 84: 374-380.
31- Pritsa T.S., and Voyiatzis D.G. 2004. Seasonal changes in polyamine content of vegetative and reproductive olive organ in relation to floral initiation, anthesis and fruit development. Australian Journal of Agricultural Research 55: 1039-1046.
32- Roussos P.A., Pontikis C.A., and Zoti M.A. 2004. The role of free polyamines in the alternate-bearing of pistachio (*Pistacia vera* cv. Pontikis). Trees 18: 61–69.
33- Shiozaki S., Ogata T., and Horiuchi S. 2000. Endogenous polyamines in the pericarp and seed of the grape berry during development and ripening. Scientia Horticulturae 83: 33-41.
34- Shuraki Y.D., and Sedgley M. 1996. Fruit development of *Pistacia vera* (Anacardiaceae) in relation to embryo abortion and abnormalities at maturity. Australian Journal of Botany 44: 35–45.
35- Slocum R.D., and Galston A.W. 1985. Changes in polyamine biosynthesis associated with postfertilization growth and development in tobacco ovary tissues. Plant Physiology 78: 323-8.
36- Stern R.A., and Gazit S. 2000. Application of the polyamine putrescine increased yield of 'Mauritius' litchi (*Litchi chinensis* Sonn.). Journal of Horticultural Science and Biotechnology 75: 612–614.
37- Talaie A., Khezri M., and Javanshah A. 2010. Effect of exogenous application of free polyamines on physiological disorders of 'Kaleh-Ghoochi' pistachio (*Pistacia vera* L.). Journal of Iranian Horticultural Science 4: 383-391. (In Persian)
38- Thompson M. 1996. Flowering, pollination and fruit set. p. 223–241. In Webster A.D., Looney N.E. (ed.) Cherries: Crop Physiology, Production and Uses. CAB Intl, UK.
39- Tiburcio A.F., Campos J.L., Figueras X., and Besford R.T. 2002. Recent advances in the understanding of polyamine functions during plant development. Plant Growth Regulator, 12: 331-340.
40- Toumi I., Moschou P.N., Paschalidis K.A., Bouamama B., Salem-fnayou A.B., Ghorbel A.W., Mliki A., and Roubelakis–Angelakis K.A. 2010. Abscisic acid signals reorientation of polyamine metabolism to orchestrate stress responses via the polyamine exodus pathway in grapevine. Journal of Plant Physiology 167: 519-525.

41- Ullah Malik A., and Singh S. 2007. Improved fruit retention, yield and fruit quality in mango with exogenous application of polyamines. Scientia Horticulturae 110: 167–174.

42- Westwood M.N. 1997. Temperate-Zone Pomology: Physiology and Culture. Freeman W.H., and Co, San Francisco, pp. 428.

43- Ziosi V., Scaramagli S., Bregoli A.M., Biondi S., and Torrigiani P. 2003. Peach (*Prunus persica* L.) fruit growth and ripening: transcript levels and activity of polyamine biosynthetic enzymes in the mesocarp. Journal of Plant Physiology 160: 1109–1115.

Journal of Horticultural Science
Vol. 34, No.4, Winter 2021, P. 547-561
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۴، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۹، ص. ۵۶۱-۵۴۷
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Evaluation of the Effect of Exogenous Application of Polyamines on Growth, Nut Traits and Yield of 'Akbari' Pistachio Trees (*Pistacia vera* L.)

G.H. Davarynejad[1]- M. Nurzadeh Namaghi[2*]- A. Momen[3]

Received: 12-10-2018
Accepted: 21-04-2020

Introduction: Pistachio (*Pistacia vera* L.) is an important horticultural crop that has high economic value. Pistachio trees display some physiological disorders including abscission of inflorescence buds, fruit abscission, blankness, non-splitting, early splitting and deformation of nuts. Unfavorable environmental conditions in most pistachio orchards and inadequate nutrition during the flowering time and after flowering has increased these problems in recent years. Polyamines such as putrescine, spermine and spermidine are some low molecular weight polycationic compounds that have been shown to play an important role as growth regulators in different stages of growth and development of buds, flowers and fruits and resistant plants to abiotic and biotic stress. Therefore, the objective of this study was to investigate the influence of polyamines in water scarcity condition on growth, nut traits and yield of 'Akbari' pistachio trees.

Materials and Methods: The study was carried out in growing season 2016 in a pistachio orchard (*Pistacia vera* L. cv Akbari) located in Feyzabad, Mahvelat, Khorasan Province, Iran (34° 40´ N latitude, 58° 25´ E longitude, and around 1253 m above sea level). The climate of the experimental area was arid and semi-arid. The mean annual precipitation was about 171 mm. The irrigation of orchard trees was at 36-day intervals. The experiment was conducted as split plot based on a randomized complete block design with three replications and seven treatments including polyamines spray of Putrescine (Put), Spermine (Spm) and Spermidine (Spd) at concentrations of zero (control), 0.1 and 1 mM on "on" and "off" pistachio trees cultivar Akbari at two-time stages full bloom (FB) and two weeks after full bloom (2WAFB). Leaf chlorophyll index was recorded using the chlorophyll meter (SPAD-502, Konica Minolta, Japan). Leaf area from fully expanded leaves was measured by Digital Leaf Area Meter (LI-3100c). The length and diameter of current-year shoots were measured at harvest time. The percentage of flower bud abscission and fruit abscission were calculated on marked shoots. The yield was calculated by weighting the total dried split nuts separated from each shoot. The data were subjected to analysis of variances (ANOVA) using the SAS software (SAS version 9.1). Difference between means was compared using the least significant difference test (LSD) at 5% level ($p \leq 0.05$).

Results and Discussion: Results showed that among the treatments, Put (0.1 and 1 mM) and Spm (0.1 mM) applied in the "on" trees significantly increased leaf chlorophyll index. Also, Put spray at two weeks after full bloom indicated better results in increase of length shoot in 'on' trees. All of the polyamines reduced fruit abscission in the "on" trees however, Put at 0.1 and 1 mM concentrations with 11.3 and 11.1% was more effective in decreasing the percentage of fruit abscission compared to other treatments. Fruit abscission of pistachio is assumed to be related to improper fertilization, the dominance of fruits in a cluster or abnormalities of reproductive organs. Polyamines have been suggested to improve fertilization, and subsequent embryo and fruit development. It also has been reported that common precursor of S-adenosylmethionine (SAM) needed for synthesizing both of PAs and ethylene. Thus, it seems that polyamines reduce the abscission of fruits by the improvement of embryo growth and development or by antagonism with ethylene, possibly by competing for S-adenosylmethionine (SAM). Our study indicated that all of the polyamines decreased the percentage of blank nuts in the "off" trees especially two weeks after full bloom. The results showed that Put (0.1 and 1 mM) and Spd (0.1 mM) were very effective in increasing number of nuts per cluster. Number of nuts per 100 g, split nuts, and kernel percentage did not differ significantly among treatments. Yield variations were not significantly affected by polyamines in in the "off" trees, but in 'on' trees, polyamines of Put, Spm and Spd at 0.1 mM concentration by 46.2, 14.6 and 15.2% and at 1 mM concentration by 38.7, 24.7 and 19.9% increased yield compared to control, respectively. Given to correlation results, the positive effect of polyamines on yield

1 and 2– Professor and Ph.D. Gratuated (Pomology Tendency), Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: nurzadehnamaghi.mina@mail.um.ac.ir)
3- Ph.D. Agriculture (Agroecology tendency), Agronomy Department, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran
DOI: 10.22067/jhorts4.v34i4.75961

improvement in ‘on’ trees was mainly due to the prevention from fruit abscission and enhancement no. of nuts per cluster.

Conclusion: Results showed that application of polyamines treatments in ‘off’ trees only on blank nuts and in ‘on’ trees on leaf chlorophyll index, fruit abscission, No. of nuts per cluster and yield was effected. Foliar application of polyamines was more effective in improving traits of shoot length, leaf area and blank nuts two weeks after full bloom compared to full bloom. The results of this study showed that these plant growth regulators, especially putrescine, had the potential to improve growth, yield and reduce physiological problems of pistachio under unfavorable environmental conditions.

Keywords: Inflorescence bud abscission, Fruit abscission, Putrescine, Spermidine, Spermine